

FOTOSSÍNTESE E ENROLAMENTO FOLIAR DE MILHO SOB IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR COM ÁGUA SALOBRA

Carla Ingrid Nojosa Lessa¹, Claudivan Feitosa de Lacerda², Henderson Castelo Sousa³,
Lizandra de Fátima Ladislau Aguiar⁴, Marlos Alves Bezerra⁵, Márcio Henrique da Costa Freire³

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência da irrigação suplementar e dos condicionadores do solo sobre a fotossíntese e o índice de enrolamento foliar na cultura do milho. O experimento foi conduzido no município de General Sampaio, estado do Ceará, no período de março a junho de 2025. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram referentes ao uso da irrigação suplementar com água salobra (condutividade elétrica = 2,7 dS m⁻¹) e cultivo em sequeiro e as subparcelas referentes ao uso de condicionadores do solo (gesso, gesso + esterco, controle). Foi avaliado a fotossíntese, o índice de enrolamento foliar e a correlação entre taxa de fotossíntese líquida e o índice de enrolamento. Os condicionadores de solo não afetaram a fotossíntese líquida e o enrolamento foliar das plantas de milho. A suplementação com água salobra mostrou-se eficaz, promovendo o aumento da taxa de fotossíntese líquida, enquanto no tratamento de sequeiro se observou aumento no índice de enrolamento foliar do milho. Observou-se uma correlação negativa entre a fotossíntese e o índice de enrolamento das folhas do milho, mostrando que, à medida que o índice de enrolamento aumenta, a taxa fotossintética líquida tende a diminuir.

PALAVRAS-CHAVE: Déficit hídrico, salinidade, Semiárido.

¹ Doutoranda, Dept. Engenharia Agrícola, UFC, CEP 60455-760, Fortaleza, CE. Email: ingryd.nojosal@gmail.com

² Prof. Dr. Dept. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

³ Doutorando, Dept. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

⁴ Graduanda em Agronomia, UFC, Fortaleza, CE.

⁵ Pesquisador, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

PHOTOSYNTHESIS RATE AND LEAF ROLLING OF CORN UNDER SUPPLEMENTAL IRRIGATION WITH BRACKISH WATER

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the efficiency of supplemental irrigation and soil conditioners on photosynthesis and leaf rolling index in corn. The experiment was conducted in the municipality of General Sampaio, Ceará, Brazil, from March to June 2025. The experimental design was a randomized block design in split plots with four replications. The main plots consisted of two water regimes: supplemental irrigation using saline water (electrical conductivity = 2.7 dS m⁻¹) and rainfed cultivation. The subplots consisted of three soil conditioner treatments: gypsum, gypsum + manure, and a control. Net photosynthetic rate, leaf rolling index, and the correlation between these two variables were evaluated. Soil conditioners had no significant effect on net photosynthesis or leaf rolling in corn plants. Supplemental irrigation with saline water was effective in increasing the net photosynthetic rate, whereas rainfed conditions led to an increase in leaf rolling index. A negative correlation was observed between net photosynthesis and leaf rolling index, indicating that as leaf rolling increases, the photosynthetic rate tends to decrease.

KEYWORDS: Water deficit, salinity, Semi-arid.

INTRODUÇÃO

O milho é considerado uma cultura agrícola de grande importância mundial, fazendo parte da lista dos cereais mais cultivados (Coelho, 2024). Nos últimos anos, a cultura vem se difundindo nas regiões áridas e semiáridas, impulsionada pelos problemas de segurança alimentar enfrentado pela população dessas áreas que sofrem com a quantidade e qualidade dos recursos hídricos (Song et al., 2019; Sah et al., 2020). O estresse hídrico e salino reduz o potencial hídrico do solo, afetando a absorção de nutrientes pelas plantas (Sousa et al., 2023).

Nesse contexto, a irrigação suplementar surge como uma prática alternativa e complementar para a agricultura de sequeiro, inclusive com o uso de água de baixa qualidade (Cavalcante et al., 2021; Nangia et al., 2018). Estudos mostram a eficácia do uso da irrigação suplementar como uma estratégia na agricultura biossalina, visando a manutenção da produtividade das culturas, principalmente nas regiões com restrições hídricas (Cavalcante et al., 2022). O uso de condicionadores do solo que incrementem os atributos físicos, químicos e fisiológicos do solo pode expandir a disponibilidade de nutrientes para contribuir no

desenvolvimento das culturas quando cultivadas em condições adversas (Soares et al., 2021).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficiência da irrigação suplementar e dos condicionadores do solo sobre a fotossíntese e o índice de enrolamento foliar na cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de General Sampaio, no estado do Ceará, no período de março a junho de 2025. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, em parcelas subdivididas com quatro repetições, com duas parcelas referente ao uso da irrigação suplementar com água salobra e cultivo em sequeiro, e três subparcelas referente ao uso de condicionadores de solo (gesso, gesso + esterco, controle).

Foram utilizadas sementes de milho híbrido AG 1051. A irrigação foi realizada por gotejamento, sendo utilizadas fitas gotejadoras constituídas de um material de polietileno flexível, com emissores autocompensantes, com vazão de 1,5 L h⁻¹ por emissor e espaçamento entre emissores de 0,3 m. Foi estabelecido veranicos de 5 dias, para posteriormente realizar a suplementação com água salobra. A água da suplementação foi obtida através da mistura de águas (a água de um açude na propriedade + o rejeito do dessalinizador). A condutividade elétrica média foi de 2,7 dS m⁻¹, a qual tem pequeno impacto na cultura do milho quando utilizada como fonte suplementar à água da chuva (Cavalcante et al., 2021; Lessa et al., 2023).

A avaliação de trocas gasosas foi realizada aos 61 DAP (dias após o plantio) usando a terceira folha totalmente expandida a partir do ápice da planta. A taxa líquida de fotossíntese A (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) foi medida usando um analisador de gás infravermelho (LCi System, ADC, Hoddesdon, UK) sob as seguintes condições: temperatura do ar ambiente, concentração de CO₂ de 400 ppm e radiação fotossinteticamente ativa de 1800 μmol m⁻² s⁻¹. O índice de enrolamento foliar (IEF) foi calculado através da medição da largura natural da folha (Ln) e da largura máxima da folha (Lm) de milho, utilizando a seguinte equação (Qiu et al., 2023):

$$IEF = \left(\frac{Lm \times Ln}{Lm} \right) \times 100 \quad (1)$$

Calculou-se a relação A/IEF, que é a relação entre a fotossíntese e o índice de enrolamento foliar.

Os dados avaliados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional Assistat. 7.6 Beta (Silva & Azevedo, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa fotossintética e o enrolamento foliar da cultura do milho não foram afetados pelo uso de condicionadores do solo. A cultura do milho apresentou maior taxa fotossintética (Figura 1A) no tratamento com irrigação suplementar ($42,32 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), diferindo estatisticamente do tratamento sequeiro ($22,82 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), com redução de 46,08%. De acordo com Penella et al. (2017), o estresse hídrico ocasiona o fechamento estomático e reduz a fixação de CO_2 , afetando a fotossíntese das plantas. Cavalcante et al. (2022) trabalhando com irrigação suplementar do milho em diferentes cenários hídricos, observaram que nos cenários normal, seca e seca severa ocorreram reduções na taxa de fotossíntese em comparação ao cenário chuvoso, ficando evidente a importância e a necessidade da irrigação suplementar nestas condições.

De acordo com a Figura 1B, observa-se um aumento significativo no índice de enrolamento foliar da cultura do milho quando submetido às condições de sequeiro (66,64%) em relação ao tratamento que recebeu irrigação suplementar com água salobra (8,83%), com um acréscimo de cerca de 654,7%. Em condições de estresse hídrico, as plantas de milho tendem a reduzir a transpiração através do enrolamento foliar, como forma de reduzir a perda de água e lidar com a seca, ativando mecanismos fisiológicos de resistência à seca (Zhang et al., 2024; Valliyodan et al., 2017).

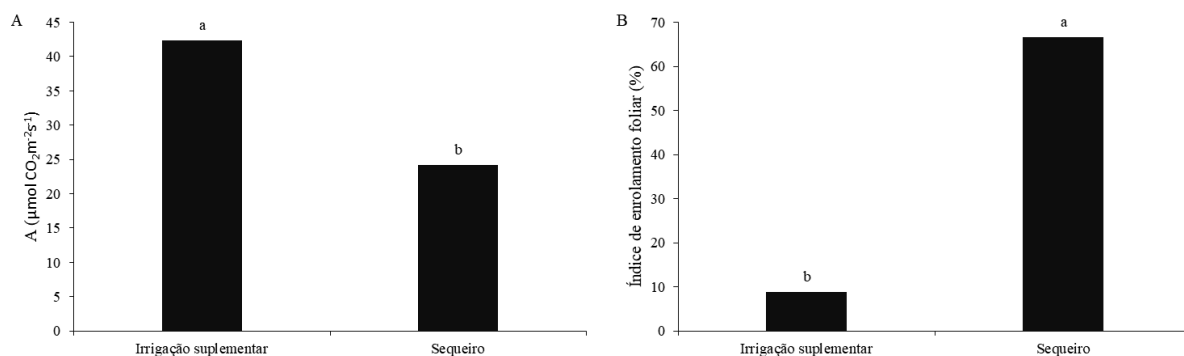


Figura 1. Fotossíntese (A) e índice de enrolamento foliar (B) em função da presença ou ausência da irrigação suplementar.

A análise de correlação apresentada na Figura 2, demonstrou que conforme o aumento do índice de enrolamento foliar, a taxa de fotossíntese líquida das folhas de milho tende a diminuir ($r = -0,83$). O murchamento excessivo das folhas das plantas pode afetar sua taxa de fotossíntese (Zhang et al., 2024). Saglam et al. (2014) observaram que plantas de milho quando submetidas a condições severas de seca podem apresentar o enrolamento das folhas, e consequentemente terem a sua fotossíntese afetada e uma redução no rendimento.

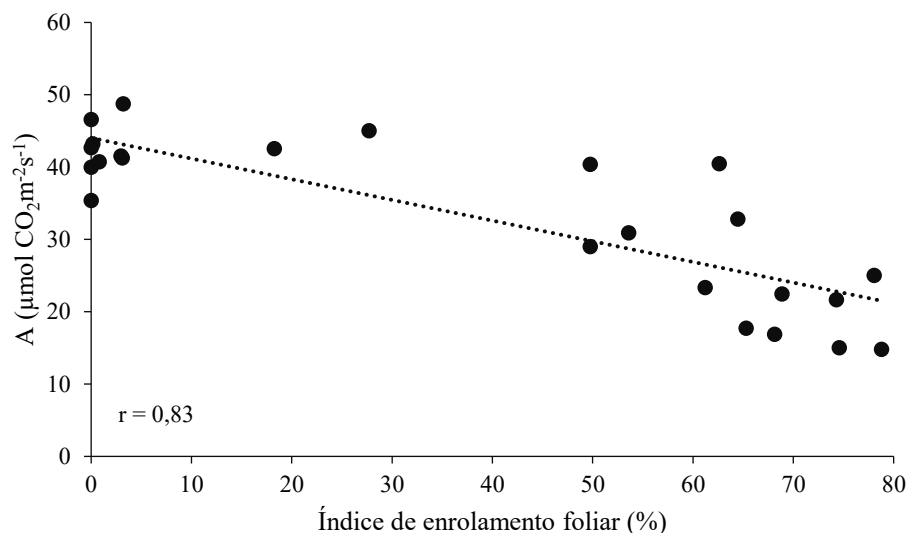


Figura 2. Correlação entre a fotossíntese e o índice de enrolamento foliar

CONCLUSÕES

Os condicionadores de solo não afetaram a fotossíntese líquida e o enrolamento foliar das plantas de milho. A suplementação com água salobra mostrou-se eficaz, promovendo o aumento da taxa de fotossíntese líquida e redução do enrolamento foliar. Observou-se correlação negativa entre a taxa de fotossíntese líquida e o índice de enrolamento das folhas do milho, mostrando que, à medida que o índice de enrolamento aumenta, a fotossíntese tende a diminuir.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical – INCTAgriS (CNPq/Funcap/Capes), Programa Cientista-

chefe em Agricultura (SDE/FUNCAP/ADECE) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão de bolsas de estudo e pelo suporte financeiro para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVALCANTE, E. S.; LACERDA, C. F.; COSTA, R. N. T.; GHEYI, H. R.; PINHO, L. L.; BEZERRA, F. M. S.; OLIVEIRA, A. C.; CANJÁ, J. F. Supplemental irrigation using brackish water on maize in tropical semi-arid regions of Brazil: yield and economic analysis. **Scientia Agricola**, v.78, p.1-9, 2021.

CAVALCANTE, E. S.; LACERDA, C. F.; MESQUITA, R. O.; MELO, A. S.; FERREIRA, J. F. S.; TEIXEIRA, A. S.; LIMA, S. C. R. V.; SALES, J. R. S.; SILVA, J. S.; GHEYI, H. R. Supplemental Irrigation with Brackish Water Improves Carbon Assimilation and Water Use Efficiency in Maize under Tropical Dryland Conditions. **Agriculture**, v.12, n.4, 544, 2022.

COÊLHO, J.D., 2024. Milho. **Caderno Setorial ETENE** [online], vol. 9, no. 330, pp. 1-11.

LESSA, C. I. N.; DE LACERDA, C. F.; CAJAZEIRAS, C. C. D. A.; NEVES, A. L. R.; LOPES, F. B.; SILVA, A. O. D.; SOUSA, H. C.; GHEYI, H. R.; NOGUEIRA, R. D. S.; LIMA, S. C. R. V.; COSTA, R. N. T.; SOUSA, G. G. DE. Potential of brackish groundwater for different biosaline agriculture systems in the Brazilian Semi-Arid region. **Agriculture**, v.13, 550, 2023.

NANGIA, V.; OWEIS, T.; KEMEZE, F.H.; SCHNETZER, J. Supplemental irrigation: A promising climate-smart practice for dryland agriculture. **Wageningen**. CGIAR/CCAFS 2018.

PENELLA, C.; NEBAUER, S. G.; LÓPEZ-GALARZA, S.; QUIÑONES, A.; BAUTISTA, A. S.; CATALAYUD, Á. Grafting pepper onto tolerant rootstocks: An environmental-friendly technique overcome water and salt stress. **Scientia Horticulturae**, 226, 33–41, 2017.

QIU, S.; YANG, H.; ZHANG, S.; HUANG, S.; ZHAO, S.; XU, X.; HE, P.; ZHOU, W.; ZHAO, Y.; YAN, N.; NIKOLAIDIS, N.; CHRISTIE, P.; BANWART, S. A. Carbon storage in an arable soil combining field measurements, aggregate turnover modeling and climate scenarios. **Catena**, 220, part A, 106708, 2023.

- SAGLAM, A.; KADIOGLU, A.; DEMIRALAY, M.; TERZI, R. Leaf rolling reduces photosynthetic loss in maize under severe drought. **Acta Bot. Croat.** 2014, 73, 315–332.
- SAH, R.P.; CHAKRABORTY, M.; PRASAD, K.; PANDIT, M.; TUDU, V.K.; CHAKRAVARTY, M.K.; NARAYAN, S.C.; RANA, M.; MOHARANA, D. Impact of water deficit stress in maize: Phenology and yield components. **Sci. Rep.** 2020, 10, 2944.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agricultural, Res**, v. 11, p.3733-3740, 2016.
- SOARES, A. K. F.; GOMES, K. N.; LIMA, D. C.; SILVA, L. A.; SOUTO, L. S.; DUTRA FILHO, J. A.; LUNA, R. G.; SOUZA, A. S.; SILVA, R. A.; SOUTO, J. S. Crescimento e trocas gasosas do feijão-fava submetido à adubação e condicionadores do solo. **Research, Society and Development**, v.10, n.8, e23510817281, 2021.
- SONG, L.; JIN, J.; HE, J. Effects of Severe Water Stress on Maize Growth Processes in the Field. **Sustainability**, 2019, 11, 5086.
- SOUSA, H. S.; SOUSA, G. G.; VIANA, T. V. A.; PEREIRA, A. P. A.; LESSA, C. I. N.; SOUZA, M. V. P.; GUILHERME, J. M. S.; GOES, G. F.; ALVES, F. G. S.; GOMES, S. P.; SILVA, F. D. B. *Bacillus aryabhatai* mitigates the effects of salt and water stress on the agronomic performance of maize under an agroecological system. **Agriculture**, 13 (6), 1150, 2023.
- VALLIYODAN, B.; YE, H.; SONG, L.; MURPHY, M.; SHANNON, J.G.; NGUYEN, H.T. Genetic diversity and genomic strategies for improving drought and waterlogging tolerance in soybeans. **J. Exp. Bot.** 2017, 68, 1835–1849.
- ZHANG, L.; TANG, H.; XIE, X.; SUN, B.; LIU, C. A quantitative index for evaluating maize leaf wilting and its sustainable application in drought resistance screening. **Sustainability**, 16(14), 6129, 2024.